

2. Решение актуальных научно-исследовательских задач; адаптация, локализация проектных решений для региональных предприятий (в том числе в виде разработок типовых стандартов предприятий, отраслевых стандартов; подготовка к сертификации решений; подготовка и поддержка объектов интеллектуальной собственности; разработка учебных пособий, справочных руководств, электронных образовательных ресурсов).

3. Возможность использования технической, научно-исследовательской и методологической базы в образовательном и исследовательских процессах.

Список литературы

1. Schmitt, R., Heine, I., Jiang, R., Giedziella, F., Basse, F., Voet, H., Lu, S. On the future of ramp-up management // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2018. – Vol.23. – pp. 217-225.

2. Бочкарев С.В., Петроченков А.Б., Схиртладзе А.Г. Управление качеством: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 439 с.

3. Ляхомский А. В., Петроченков А. Б., Перфильева Е. Н. Концептуальное проектирование и направления инжиниринга повышения энергоэффективности предприятий // Электротехника. – 2015. – № 6. – С.4-7.

4. Даденков Д.А., Петроченков А.Б. Опыт создания лабораторно-тренажерного комплекса для подготовки специалистов в области автоматизированных систем управления технологическими процессами // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 5 (87). – С.251-255.

5. Проект Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс] / URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/144/141/18/42> (дата обращения: 12.04.2019)

6. Lyakhomskii A., Perfilieva E., Petrochenkov A., Bochkarev S. Conceptual design and engineering strategies to increase energy efficiency at enterprises: Research, technologies and personnel // IEEE Conference Publications. Proceedings of 2015 IV Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovations). – 2015. – pp.44–47. DOI: 10.1109/IVForum.2015.7388249.

7. Овсянников М.В., Столяров К.И., Буханов С.А., Петроченков А.Б., Бочкарев С.В. Система контроля и диагностики бумагоделательной машины // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2015. – № 9. – т. 13. – С.56-63.

УДК 628.3

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЛИГНИН- И СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

Михайлова А.М.¹, Глушанкова И.С.¹

¹ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», г. Пермь

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, сточная вода, серосодержащие соединения, оптимальная доза реагента.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований реагентной очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства. Исследовано влияние перекиси водорода, сульфата железа (II) и хлорида железа (III) на очистку сточных вод, определены оптимальные условия проведения процесса очистки. На основании экспериментальных данных установлено, что наиболее эффективно очистка сточных вод от лигносульфонатов, протекает

в присутствии коагулянта – железный купорос и катионного флокулянта – Праестол и анионного флокулянта – РусФлок.

JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF REAGENTS FOR THE PURIFICATION OF WASTE WATER OF THE PULP AND PAPER PRODUCTION FROM LIGNIN AND SULFURIZING COMPOUNDS

Mikhaylova A.M.¹, Glushankova I.S.¹

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm

Key words: pulp and paper industry, waste water, sulfur-containing compounds, optimal dose of reagent.

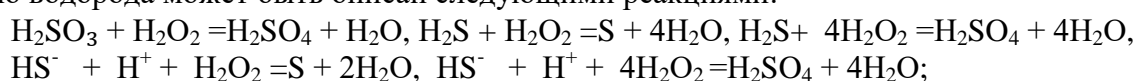
Abstract. The article presents the results of studies of the reagent treatment of wastewater pulp and paper production. The effect of hydrogen peroxide, iron (II) sulfate and iron (III) chloride on wastewater treatment was investigated, and the optimal conditions for the treatment process were determined. On the basis of experimental data, it was found that wastewater treatment from lignosulfonates, suspended solids is most effective; color reduction occurs in the presence of a coagulant – iron sulphate and cationic flocculant – Praestol, and an anionic flocculant – RusFlock.

Целлюлозно-бумажная промышленность - одна из ведущих отраслей лесного комплекса. Для производства бумажной продукции требуется большое количество воды. Например, расход воды на выработку одной тонны бумаги, включая производство полуфабрикатов, составляет 100-1500 м³. На предприятиях функционируют несколько подразделений, специфика которых обуславливает качественный и количественный состав образующихся сточных вод [1]. По воздействию на окружающую среду эта отрасль остаётся одной из проблемных по величине токсичных выбросов в атмосферу и сбросов в воду. Наиболее экологически опасными объектами на целлюлозно-бумажных предприятиях являются производства целлюлозы и полуцеллюлозы. В результате термообработки древесины варочными растворами (сульфатные и бисульфатные) и отделения целлюлозы от лигнина образуются щелока, а также промывные сточные воды, содержащие лигносульфонаты, сульфиты, сульфаты, сероводород и меркаптаны [2], переработка которых является сложной экологической и технологической проблемой. На большинстве предприятий отрасли сточные воды подвергаются механической и биологической очистке на общезаводских очистных сооружениях [1]. В связи с высоким содержанием в них биорезистентных лигносульфоновых кислот и лигносульфонатов не обеспечивается требуемое качество очищенной воды.

Также на территории предприятий и в зоне их воздействия периодически фиксируются выбросы дурнопахнущих соединений (сероводород, меркаптаны), что создает неблагоприятную экологическую и социальную ситуацию [3]. Источником эмиссий дурнопахнущих серосодержащих соединений являются производственные сточные воды [4], которые подаются на биологические очистные сооружения (БОС) открытого типа. Эксплуатация БОС также сопровождается периодическими выбросами дурнопахнущих веществ.

Целью работы являлась разработка способов снижения выбросов серосодержащих соединений на технологических площадках в результате очистки сточных вод реагентными методами. Анализ научно-технической информации позволил обосновать выбор следующих реагентов для исследования:

- для оперативного устранения запахов сероводорода (при залповых выбросах) выбран сильный окислитель - перекись водорода. Процесс окисления сульфит-, сульфид-ионов перекисью водорода может быть описан следующими реакциями:



- для снижения содержания сульфид-ионов и сероводородной кислоты в общем потоке сточных вод выбраны сульфат железа (II), сульфат железа (III) и хлорид железа (III), т.к. они способны образовывать труднорастворимые соединения с сульфид ионами



Соли железа обладают также высокой коагуляционной способностью[3].

- для повышения скорости осаждения хлопков коагулянта [5] в работе использовали промышленные флокулянты марок Праестол и РусФлок .

В зависимости от природы ионогенных групп все органические флокулянты делят на четыре типа: катионные, анионные, неионные и амфотерные. Катионные органические флокулянты при растворении в воде диссоциируют на положительно заряженный макроион и низкомолекулярные анионы, то есть приобретают в воде положительный заряд.

Анионные флокулянты при растворении в воде диссоциируют на отрицательно заряженный макроион и положительно заряженные низкомолекулярные катионы. В зависимости от количества ионогенных групп и их природы катионные и анионные флокулянты делятся на сильно-, средне- и слабоосновные. Неионные флокулянты не имеют ионогенных групп и растворяются в воде за счет образования водородных и других неионных связей. Амфотерные флокулянты содержат катионные и анионные группы, т.е. сочетают в себе свойства катионных и анионных флокулянтов [6].

Выбор реагентов проводили на основе анализа результатов пробного коагулирования воды. При проведении экспериментов использовали следующие растворы реагентов:

- сульфат железа (III) - раствор с концентрацией 10 г/л по основному компоненту – Fe(III). Раствор коагулянта содержит 3,57% основного вещества в пересчете на Fe₂(SO₄)₃ или 1% по Fe (III);

- сульфат железа (II) – железный купорос - раствор с концентрацией 10 г/л по основному компоненту – Fe(II). Раствор коагулянта содержит 5 % основного вещества в пересчете на товарный продукт (ТП) - FeSO₄·7H₂O или 1% по Fe (II);

- хлорид железа (III) - рабочий раствор коагулянта с концентрацией 10 г/дм³ приготовлен из 40% раствора хлорида железа разбавлением 1:10.

Исследование возможности использования перекиси водорода для оперативного устранения запахов

В испытаниях использовали 38% растворы перекиси водорода. По уравнениям возможных реакций окисления сульфит- и сульфид-ионов перекисью водорода определена теоретическая доза реагента, которая составила 147,9 мг/дм³.

Результаты испытаний по определению оптимальной дозы пероксида водорода представлены в таблице.1.

Таблица 1

Результаты исследований оптимальной дозы H₂O₂ для очистки сточных вод от серосодержащих соединений целлюлозно-бумажного производства

№ пробы	Vпробы сточной воды, см ³	V раб. раствора H ₂ O ₂ , см ³	Доза H ₂ O ₂ , мг/дм ³	Запах сероводорода, балл	Общее содержание HS ⁻ , S ⁻² , H ₂ S, мг/дм ³	Эффективность очистки, %
1	100	0	0	0	27,2	-
2	100	0,20	173,2	отс.	6,4	76,4
3	100	0,40	346,4	отс.	3,84	85,9
4	100	0,60	519,6	отс.	1,6	94,1

Несмотря на высокую эффективность очистки воды от сероводорода с использованием перекиси водорода, практическая доза реагента в 2-2,5 раза превышает теоретическое значение и в связи с высокой стоимостью реагента его применение экономически нецелесообразно.

Выполнено исследование эффективности применения солей железа для очистки сточных вод от серосодержащих соединений.

Результаты исследований очистки воды от серосодержащих соединений с использованием солей железа и представлены в таблице. 2.

Таблица 2

Реагентная очистка сточных вод от серосодержащих соединений и лигносульфонатов в присутствии флокулянтов марки Праестол

№	Вид Фл.	Доза реагента		рН	Оценка хлопье- образова- ния, баллы	Показатели качества очищенных сточных вод		
		г/дм ³ по ТП – коаг.	мг/дм ³ по Фл.			Цвет- ность, °Ц	Гидро- суль- фид- ион, мг/дм ³	Э,%
Очистка сточных вод от сульфид-иона с использованием раствора железного купороса								
1	отс.	отс.	отс.	8,0	отс.	Более 800	25,5	отс.
2	отс.	0,25	0	9	4	150	9,6	62
3	отс.	0,3	0	9	6	100	1,1	95,7
Очистка сточных вод с использованием коагулянтов и флокулянтов Коагулянт - железный купорос								
1	отс.	отс.	отс.	8,0	отс.	Более 800	36,16	
2	НИ	1,53	1,0	9,0	4	80		
3	К	1,53	1,5	9,0	4	150	2,12	94
4	А	1,53	2,5	9,0	4	100		
Очистка сточных вод с использованием коагулянтов и флокулянтов Коагулянт - хлорид железа (III)								
1	А	1,2	1,0	9,0	4	250		
2	К	1,2	1,5	9,0	6	100	8,24	77
3	НИ	1,2	1,5	9,0	4	200		

К –катионный флокулянт, А –анионный флокулянт, НИ –неионогенный флокулянт

Установлено, что наиболее эффективным реагентом очистки сточных вод от серосодержащих соединений является железный купорос (сульфат железа II); определены оптимальные условия проведения процесса: рН сточной воды - 8,5, доза реагента по товарному продукту 9,5-10 мг/мг сульфид-ионов. При этом практическая доза реагента близка к теоретическому значению. При концентрации сульфид-ионов в исследуемой воде 25,0 мг/дм³ доза реагента по товарному продукту - железный купорос составляет 237 – 250 мг/дм³.

Для увеличения эффекта коагуляционной очистки были использованы флокулянты марок Праестол, исследовано влияния основности и дозы флокулянта на эффективность хлопьеобразования и осаждения взвешенных веществ (рисунок 1).

Анализ полученных результатов показал, что наиболее эффективно очистка сточных вод от лигносульфонатов, взвешенных веществ, снижению цветности протекает в присутствии коагулянта – железный купорос и катионного флокулянта - Праестол. Установлены оптимальные условия проведения процесса: доза коагулянта- 1,53 г/дм³, доза флокулянта – 1,5 мг/дм³, рН = 8,5. При проведении процесса в оптимальном режиме образуется легко осаждаемый уплотненный осадок, достигается очистка от сульфид-иона на 94%, цветность воды снижается в 3...4 раза.

В работе также проведена сравнительная оценка эффективности применения флокулянтов марок Праестол и РусФлок.

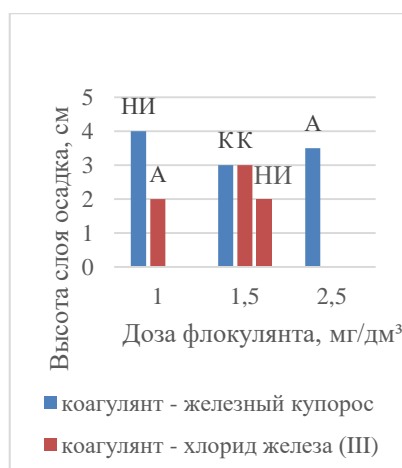


Рисунок 1– Влияние дозы и марки флокулянта марки Праестол на эффективность хлопьеобразования и осаждения примесей

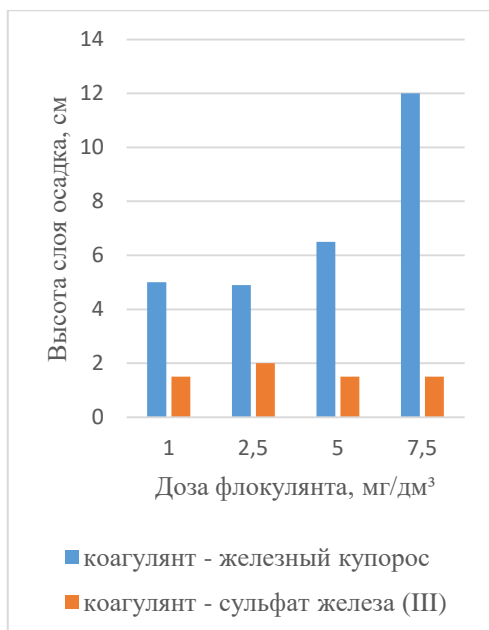
На рисунке 2 представлены зависимость высоты слоя осадка взвешенных веществ, образующегося в присутствии флокулянтов катионного и анионных флокулянтов марки РусФлок. При оптимальных дозах коагулянтов исследовалось влияние природы флокулянта на эффективность очистки сточных вод от лигносульфонатов, результаты исследований приведены в таблице 3. На основании проведенных исследований было установлено, что флокулянт РусФлок анионный высокой молярной массы наиболее эффективен в присутствии коагулянта – железный купорос. Оптимальная доза 1,0 -1,5 мг/дм³. Очистка по ХПК составляет 70%, по цветности более 90%.

Таблица 3

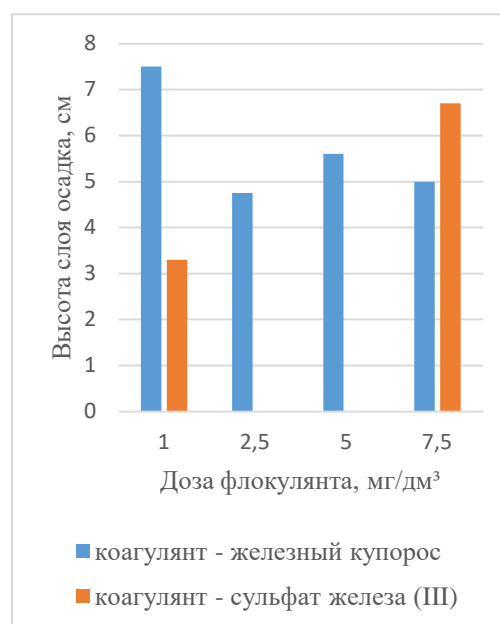
Результаты по очистке сточных вод в присутствии флокулянтов марки РусФлок при оптимальных условиях проведения процесса

№	Доза реагента		рН	Оценка хлопье- образования, баллы	Показатели качества очищенных сточных вод		
	г/дм ³ по ТП	мг/дм ³ по флокулян ту			ХПК		Цветность. °Ц
					мгО/дм ³	Э, %	
1	2	3	4	5	6	7	8
Очистка сточных вод с использованием коагулянтов и флокулянтов Коагулянт - железный купорос, флокулянт – катионный 504							
1	0	0	8,0	0	4000		Более 800
2	1,53	2,5	9,0	6	1345,6	66	100
Очистка сточных вод с использованием коагулянтов и флокулянтов Коагулянт - железный купорос, флокулянт – анионный 254							
1	1,53	1,0	9,0	4	1160	71	100
2	1,53	5,0	9,0	4	997,6	75	100
Очистка сточных вод с использованием коагулянтов и флокулянтов Коагулянт - железный купорос, флокулянт – анионный 201							
1	1,53	1,0	9,0	6	1276	68	100
1	1,53	5,0	9,0	4	1020,8	74	100

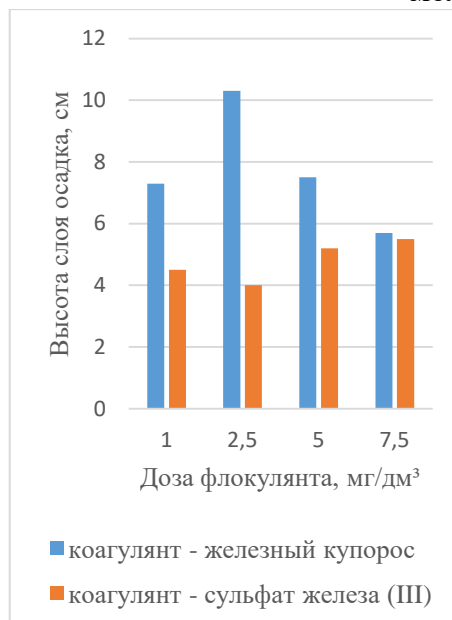
Сравнение активности катионных и анионных флокулянтов по показателям: время осаждения, высота слоя осадка, ХПК осветленной воды, показало, что для коагуляционной очистки сточных вод, содержащих лигносульфонаты, наиболее эффективно применение анионных флокулянтов при очистке сточной воды в присутствии коагулянта – железный купорос и катионных флокулянтов при сточной воды в присутствии коагулянта сульфат железа (III).



а) РусФлок (катионный)



б) РусФлок (анионный высокой молярной массы)



в) РусФлок (анионный средней молярной массы)

Рисунок 2– Высота слоя осадка взвешенных веществ при различных дозах флокулянта марки РусФлок

Для очистки сточных вод от взвешенных и коллоидных примесей, осветления воды и снижения содержания в ней гидосульфид-ионов целесообразна коагуляционная обработка воды в присутствии флокулянтов. В ходе проведения исследований обоснован выбор коагулянтов и флокулянтов и условия проведения процесса. Установлено, что наиболее целесообразно для очистки сточных вод, как от взвешенных веществ, так и серосодержащих соединений использовать в качестве реагента – железный купорос. Условия проведения процесса:

- рН – 8,7-9,0; доза коагулянта – 1,0 - 1,5 г/дм³ по товарному продукту в зависимости от исходной цветности воды и ХПК;

- флокулянт анионный РусФлок высокой молярной массы (доза флокулянта - 1,0-1,5 мг/дм³) или флокулянт катионный Праестол (доза 1,5 мг/дм³).

Список литературы

1. Проскуряков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности [Текст] / Проскуряков, В.А., Шмидт Л.И. - Л. «Химия», 1977. - 464с.
2. Богомолов, Б.Д. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков [Текст]: Учебник для вузов / Богомолов Б.Д. Сапотницкий С.А. и др. - М.: Лесная промышленность, 1989. - 360 с.
3. Шулаев Н.С. Очистка сульфидсодержащих сточных вод в электролизере с растворимым железным анодом // Башкирский химический журнал, 2006, том 13, №3, с. 78-81.
4. Пат. 2165892 РФ Способ очистки сточных вод от сульфидов / Быковский Н.А., Быковская Л.Н., Шулаев Н.С., Абрамов В.Ф., Рыскулов Р.Г.// Заявка №99122118/12; заявл. 20.10.1999.
5. Седова Е.Л., Воронцов К.Б. Коагуляционно-адсорбционная очистка лигнинсодержащих сточных вод // nauka-rastudent.ru: электронный журнал, 2014, №7, <http://nauka-rastudent.ru/7/1946/>
6. Чалакова Е. С. Эффективность использования флокулянтов различных типов после коагуляционной очистки лигнинсодержащих сточных вод [Текст] / Е. С. Чалакова // Инновационные технологии в науке и образовании : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Cheboksary, 18 дек. 2015 г.) / редкол.: О. N. Shirokov [и др.]. — Cheboksary: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. — № 4 (4). — С. 34–36. — ISSN 2413-3981.

УДК 676.6

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТРЁХСЛОЙНОГО ФОРМОВАНИЯ ТЕСТ-ЛАЙНЕРА С БЕЛЫМ ПОКРОВНЫМ СЛОЕМ В РОССИИ

Мкртычян А.И.¹, Мидуков Н.П.¹, Куров В.С.¹, Смолин А.С.¹

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

Ключевые слова: многослойный картон, макулатура, тест-лайнер, белый покровный слой.

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития многослойного формования картона тест-лайнера в России. Особое внимание уделено повышению белизны многослойного картона тест-лайнера с белым покровным слоем и снижению его стоимости за счёт очистки подслоя, производимого из газетной и журнальной макулатуры. Приводятся зависимости белизны и механических показателей от содержания очищенного от печатной краски подслоя трёхслойного картона тест-лайнера.

THE PROSPECT OF USE OF TECHNOLOGY OF THREE-LAYER FORMATION OF THE TEST-LINER WITH THE WHITE SURFACE LAYER IN RUSSIA

Mkrtychyan A.I.¹, Midukov N.P.¹, Kurov V.S.¹, Smolin A.S.¹

¹Saint-Petersburg state university of industrial technology and design

Key words: multilayer cardboard, recovered paper, test-liner, white surface layer.

Abstract. In article the prospects of development of multilayered formation of test-liner cardboard in Russia are considered. Special attention is paid to increase in whiteness of multilayered test liner cardboard with a white surface layer and to decrease in its cost due to deinking of the middle layer made from newspaper and journal recovered paper. Dependences of whiteness and mechanical indicators on the maintenance of the middle layer of three-layer test-liner cardboard deinked from printing paint are given.